

© В.І. Бондаренко<sup>1</sup>, І.А. Ковалевська<sup>1</sup>, Р.А. Галков<sup>1</sup>, О.Р. Мамайкін<sup>1</sup>, І.В. Шека<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

## ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗОН ПІДВИЩЕНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

© V. Bondarenko<sup>1</sup>, I. Kovalevska<sup>1</sup>, R. Halkov<sup>1</sup>, O. Mamaikin<sup>1</sup>, I. Sheka<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## SUBSTANTIATION OF METHODS FOR PREDICTING EARLY DETECTION OF INCREASED DEFORMATION ZONES TO ENSURE REUSE OF MINE WORKINGS

**Мета.** Обґрунтування методів раннього виявлення зон підвищених деформацій у гірничих виробках для їх повторного використання.

**Методика дослідження.** Для досягнення поставленої мети використано комплексний підхід, що включає аналіз методів моніторингу стану виробок та прогнозування їх деформацій, а також сканування виробок для виявлення зон підвищених деформацій у програмному продукті Trimble RealWorks.

**Результати дослідження.** Проаналізовано технології, які дозволяють оперативно реагувати на зміни геомеханічних умов у шахтах. На базі методу 3D-сканування виробок проведено експеримент, спрямований на прогнозування та раннє виявлення зон підвищених деформацій і побудовано залежності зміни ширини та висоти виробки за результатами натурних спостережень за кріпленням 148 збірного штреку шахти Ювілейна без раннього прогнозування та за результатами 3D-сканування й раннього прогнозування, а також залежності зміни перерізу виробки за результатами натурних спостережень за кріпленням 148 збірного штреку шахти Ювілейна без раннього прогнозування та за результатами 3D-сканування й раннього прогнозування. Критично важливим є обмеження тиску на увесь контур рами, а одним із шляхів вирішення даного завдання є встановлення стояків кріплення посилення.

**Наукова новизна.** Вперше на базі методу 3D-сканування виробок було проведено експеримент, спрямований на прогнозування та раннє виявлення зон підвищених деформацій. Побудовано залежності зміни ширини, висоти та перерізу виробки за результатами натурних спостережень за кріпленням 148 збірного штреку шахти Ювілейна без раннього прогнозування та за результатами 3D-сканування й раннього прогнозування. Отримані дані були використані для встановлення стояків кріплення посилення, що сприяло підвищенню безпеки.

**Практичне значення.** Отримані результати доводять, що використання методів прогнозування раннього виявлення зон підвищених деформацій дозволяє виявляти потенційно небезпечні ділянки на етапі підготовки та експлуатації гірничих виробок, що разом зі своєчасними заходами для зміцнення і стабілізації конструкцій забезпечить збереження інфраструктури та зменшення витрат на перекріплення гірничих виробок.

**Ключові слова:** гірський масив, повторне використання, стан виробок, штучний інтелект.

**Вступ.** За даними Global Energy Monitor [1], станом на 2025 рік у світі 3801 діюча шахта, 804 знаходяться на етапі проєктування, 1354 – закриті, а 403 – законсервовані. Ще на 218 проєктування скасоване або розробка відкладена. Незважаючи на глобальний тренд декарбонізації та перехід до відновлюваних джерел енергії, вугілля залишається ключовим енергоресурсом для багатьох регіонів світу.

Забезпечення стійкості гірничих виробок набуває великого поширення завдяки впровадженню сучасних технологій [2, 3]. Задля цього важливими умовами є: висока надійність кріплення виробленого простору, вдосконалення організаційних процесів, а також зменшення витрат на кріплення та перекріплення виробок. Наявність цих вимог потребує пошуку нових видів і технологій управління напружено-деформованим станом гірських порід [4, 5], використання інноваційних матеріалів для елементів кріплення [6, 7], оптимізації внутрішніх резервів вугледобувних підприємств в організаційній структурі [8], розробки нових сумішей [9, 10] та вдосконалення відповідної техніки [11], тощо.

Повторне використання гірничих виробок на вугільних шахтах стає все більш актуальним через економічні та екологічні переваги. Це дозволяє зменшити витрати на будівництво нових виробок, скоротити екологічний вплив та знизити ризики, що пов'язані з новими розробками. Використання вже існуючих виробок призводить до зменшення капітальних витрат та оптимізації технологічних процесів видобутку, при цьому зберігаючи природні ресурси.

У зв'язку з вищевикладеним метою даної роботи обґрунтування методів раннього виявлення зон підвищених деформацій у гірничих виробках, що призначені для повторного використання.

**Основна частина.** Моніторинг стану гірничих виробок є ключовим аспектом забезпечення їх безпеки та стабільності. У сучасній практиці застосовуються різноманітні технології, які дозволяють оперативно реагувати на зміни геомеханічних умов у шахтах:

*Візуальний огляд.* Регулярний обхід виробки гірниками та інженерно-технічними працівниками для візуальної оцінки стану кріплення, наявності тріщин, зміщень порід, витікання води тощо. До його переваг відносять простоту, доступність, можливість швидкої оцінки ситуації на місці. Недоліками є суб'єктивність, залежність від людського фактору, неможливість отримання кількісних даних.

*Геодезичні методи.* Використання геодезичних інструментів (теодоліти, нівеліри, тахеометри) для точних вимірювань положення точок на поверхні виробки та фіксації їх змін у часі. Перевагами є висока точність вимірювань, можливість отримання даних про зміщення та деформації. До недоліків слід віднести трудомісткість, необхідність спеціального обладнання та кваліфікованого персоналу.

*Механічні методи.* Використання простих механічних пристроїв для вимірювання деформацій порід, наприклад, тріщиноміри для вимірювання ширини тріщин, глибиноміри для вимірювання глибини осідання порід, стрілочні індикатори для вимірювання зближення боків виробки. До переваг механічних методів слід віднести простоту конструкції, відносну дешевизну, можливість використання в складних умовах. Серед недоліків слід відмітити обмежену точність, необхідність регулярного обслуговування.

*Електронні методи.* Використання електронних датчиків (тензометри, датчики тиску, інклінометри, екстензометри) для автоматизованого вимірювання деформацій порід та передачі даних на комп'ютер для обробки та аналізу. Серед переваг: висока точність, можливість автоматизації збору та обробки даних, дистанційний моніторинг. Недоліками є висока вартість обладнання, складність встановлення та обслуговування, залежність від джерела живлення.

*3D-сканування виробок.* 3D-сканування дозволяє з високою точністю фіксувати геометрію виробки, виявляти зміни в її формі, тріщини, відколи та інші дефекти. Переваги: висока точність та деталізація отриманої інформації, можливість отримання повної тривимірної моделі виробки, автоматизація процесу збору даних, можливість порівняння моделей, отриманих у різний час, для аналізу динаміки деформацій, безконтактний метод, що забезпечує безпеку персоналу. Недоліки: висока вартість обладнання, складність обробки та аналізу великих обсягів даних, необхідність спеціального програмного забезпечення, чутливість до умов зйомки (запиленість, освітлення).

Далі більш детально розглянемо два останні методи, тому як вони є сучасними та перспективними.

Електронний метод може бути як у дротовому так і бездротовому виконанні. Подібність між ними полягає в тому, що вони обидві дозволяють отримувати дані про характеристики деформації гірських порід безперервно, у віддаленому місці, і одночасно отримувати кілька різних параметрів.

У бездротовому моніторингу кілька вузлів підключаються до центрального комп'ютера через Wi-Fi або Інтернет. Відсутні кабелі, що проходять від безпечної зони з комп'ютером до небезпечної зони або зони, що контролюється [12]. На рисунку 1 показана основна схема зв'язку між підземним і наземним середовищем.



Рис. 1. Схема зв'язку між підземним і наземним середовищем в бездротовій системі моніторингу [12]

У дротових системах моніторингу базовий скелет складається з декількох вузлів (датчиків), які підключаються до центрального комп'ютера за допомогою кабелю. Перевагою системи є те, що кабелі можуть бути протягнуті на великі відстані до підземного середовища, яке ведеться спостереження [13]. Недоліком дротової системи моніторингу є втрата можливості отримання даних під час інцидентів на шахтах, таких як пожежа та падіння даху по довжині кабелю.

Системи моніторингу напруження в породах дозволяють виявляти підвищений тиск і ризики обвалів. У Південній Африці такі технології інтегруються з анкерними системами, що забезпечує автоматизований аналіз і швидке прийняття рішень. Параметрами деформації підосви, які зазвичай контролюються, є сейсмічність, зміна напружень, зрушень, зміна деформацій і рух стін виробки.

Великі гірничі підприємства світу, такі як, Pilbara Minerals, Northern Star Resources, Lynas Corporation, First Quantum Minerals, ВНР та СВН використовують цю технологію для покращення наступних процесів:

1. Планування та проектування гірничих робіт: відображення та моделювання структури та геології гірничих робіт та створення моделі віртуальної реальності для поліпшення візуалізації та планування.

2. Дослідження та моделювання рудних тіл: створення детальних моделей рудних тіл для покращення прогнозувати розташування цінних родовищ корисних копалин.

3. Об'ємні та кількісні дослідження: вимірювання обсягу запасів, що дозволяє точно керувати запасами та надавати точні розрахунки для планування.

4. Технічне обслуговування та огляд обладнання: створення детальних моделей гірничого обладнання та інфраструктури для прогнозного обслуговування, усунення несправностей та планування оновлення.

Одним з місць, де був випробуваний метод 3D сканування була вугільна шахта CSM (Československé Státní doly) в кінці 2014 року. Було проведено етап розробки комплексного інженерно-геологічного моніторингу, включаючи часті сканування руху стовпа за технологією 3D лазерного сканування (рис. 2).

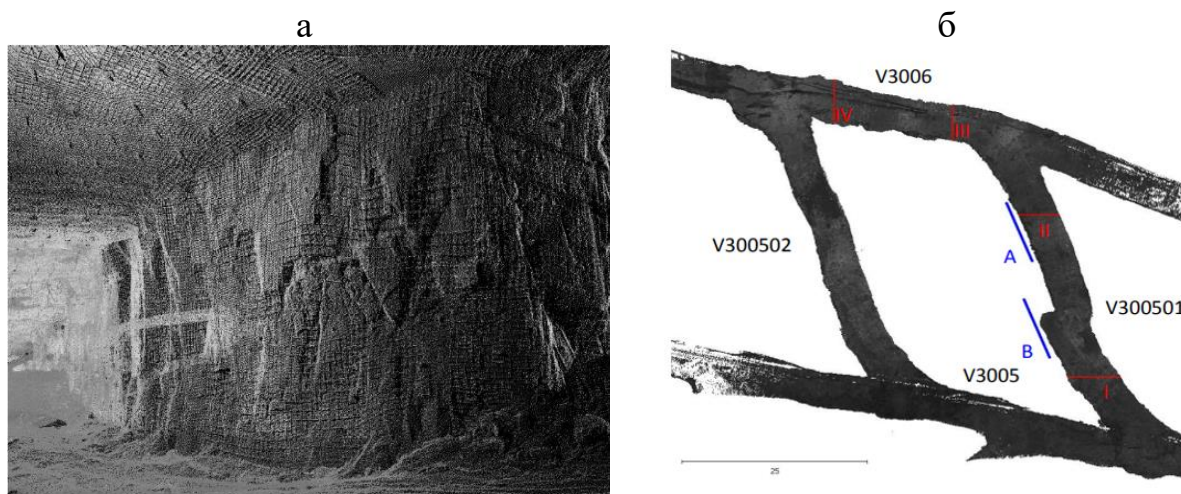


Рис. 2. Приклад відсканованих виробок: (а) в натурному вигляді та (б) вид зверху [14]

Ще одним прикладом застосування 3D технологій у гірничій галузі є досвід китайської шахти Golden mine у регіоні Шаньдуні. Під час проекту тривалістю в 1 рік, були відскановані та хмарно оброблені 20 км основних виробок. Отримана «цифрова шахта» дозволила краще планувати і проектувати, перевірити об'єми видобутку та робити моніторинг з проведення виробок, а також підвищити безпеку.

Ще одним направленням розвитку сканування виробок та оцифрування шахт є використання мобільних роботів. Дослідження [15], яке спрямоване на розробку інноваційного підходу до створення високодеталізованих 3D-моделей підземних шахт за допомогою мобільних роботів, проводилось в науково-дослідній шахті «Райх Цехе» у Фрайберзі, Німеччина. Під час руху робот (рис. 3) знімає стереозображення, які потім обробляються алгоритмами комп'ютерного зору для створення фото реалістичних 3D-моделей.



Рис. 3. Візуалізація руху робота під час сканування виробки [15]

Метод, який використовувала команда, базується на використанні мобільного робота, оснащеного стереокамерами та освітлювальним приладом. Під час руху робот знімає стереозображення кілька разів на секунду. Ці зображення потім обробляються алгоритмами комп'ютерного зору, що дозволяє створити деталізовану 3D-модель шахти. На відміну від традиційних методів, цей підхід значно скорочує час збору даних і не вимагає тривалого простою обладнання. Робот також оснащений лазерними сканерами, які допомагають уточнювати геометрію шахти, що особливо важливо для створення точних моделей.

Робот, який використовувався в експериментах, оснащений стереокамерами, лазерними сканерами та системою освітлення. Зображення обробляються за допомогою алгоритмів візуальної одометрії та Structure from Motion (SfM), що дозволяє реконструювати шлях руху робота та створювати деталізовану 3D-модель. Після цього алгоритми SfM оптимізують шлях руху та створюють розріджену хмару точок, яка потім перетворюється на густу хмару точок і текстуровану сітку. Після обробки модель може бути візуалізована в CAVE або через HMD, такі як Oculus Rift.

В процесі експерименту, робот зібрав дані під час руху штреками, що значно скоротило час порівняно зі стаціонарними методами. Наприклад, для сканування 500-метрового штреку знадобилося лише 90 хвилин, тоді як традиційні методи могли зайняти кілька днів (рис. 4).

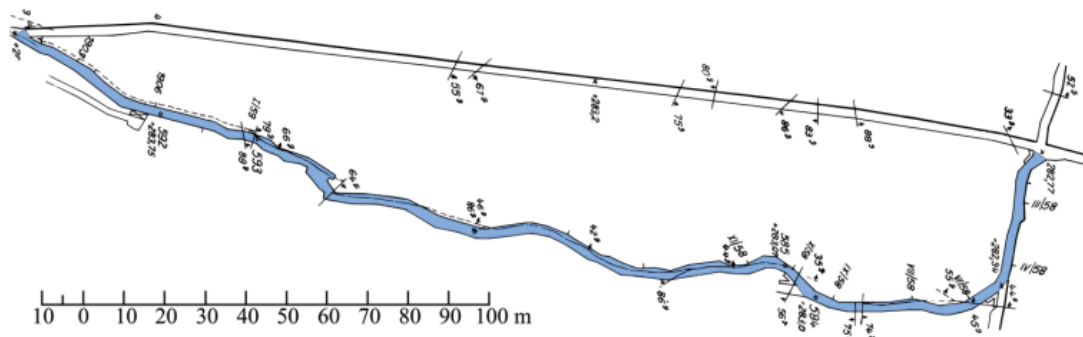


Рис.4. План частини шахти, де проводилися експерименти (ділянки, що виділені синім кольором)

Наступним етапом після моніторингу є прогнозування деформацій, що дозволяє попереджати аварії та оптимізувати процеси кріплення.

*Використання числових моделей.* Цей метод включає в себе як математичне моделювання [16], так і статистичні методи [17, 18]. Він базується на створенні математичної моделі гірського масиву, яка враховує його геологічну будову, фізико-механічні властивості порід, напружено-деформований стан та інші фактори. Для побудови моделі використовуються дані геологічних досліджень, геофізичних вимірювань, лабораторних випробувань зразків порід, а також статистичні дані про попередні деформації. До переваг відносять можливість врахування різних факторів, отримання кількісних прогнозів, можливість моделювання різних сценаріїв. Недоліками є складність моделей, необхідність достовірної інформації про властивості порід, значні обчислювальні ресурси.

*Використання штучного інтелекту (ШІ).* Використання методів машинного навчання (нейронні мережі, машини опорних векторів, дерева рішень та інші) для побудови прогностичних моделей на основі даних моніторингу та геологічних даних. ШІ дозволяє виявляти складні залежності між різними факторами та прогнозувати деформації з високою точністю. Також ШІ використовують для прогнозування вибухів у вугільних шахтах [19, 20]. Його переваги: висока точність прогнозів, можливість обробки великих обсягів даних, можливість врахування нелінійних залежностей. До недоліків слід віднести необхідність великого обсягу даних для навчання моделей, складність інтерпретації результатів, високі вимоги до обчислювальних ресурсів.

Крім того, використання ШІ сприяє автоматизації процесів аналізу та прогнозування, що значно знижує вплив людського фактору і підвищує ефективність прийняття рішень. Завдяки можливості самонавчання алгоритмів, моделі можуть адаптуватися до нових умов і вдосконалювати свої прогнози з часом.

На базі методу 3D-сканування виробок у програмному продукті Trimble RealWorks нами було проведено експеримент, спрямований на прогнозування та раннє виявлення зон підвищених деформацій. Отримані дані були використані для

розробки моделей прогнозування деформаційних процесів, що сприяло підвищенню безпеки та ефективності роботи. Основною метою дослідження було забезпечення можливості повторного використання гірничих виробок шляхом своєчасного виявлення й усунення зон підвищених деформацій.

В якості об'єкту шахтних досліджень обрано 148 збірний штрек поля пласта С<sub>6</sub> шахти Ювілейна Шахтоуправління Першотравенське. Дослідження проводилися на ділянці східного крила похилої частини шахтного поля пласта С<sub>6</sub>.

На рис. 5 представлено фрагмент сканування кріплення по 148 збірному штреку шахти Ювілейна у програмному продукті Trimble RealWorks.

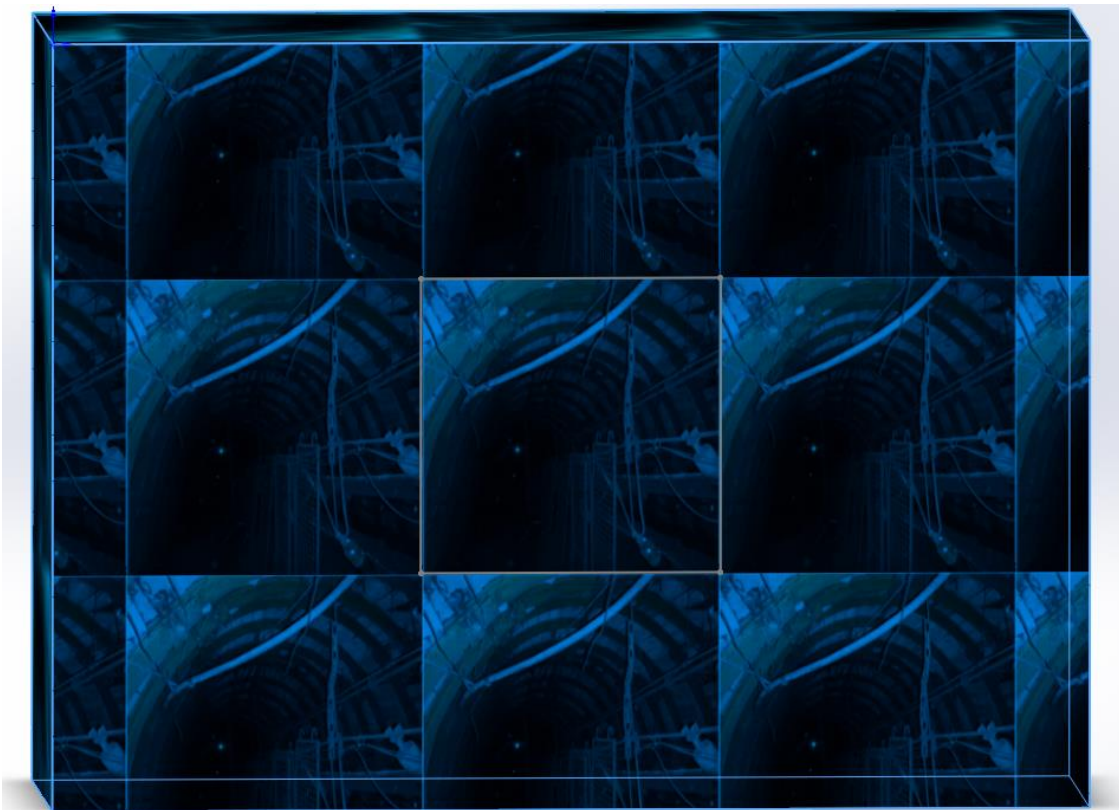


Рис. 5. 3D-сканування кріплення гірничої виробки 148 збірного штреку шахти Ювілейна у програмному продукті Trimble RealWorks

Сканування гірничої виробки дало змогу виявити зони підвищених деформацій та у подальшому провести заходи (встановлення стояків кріплення посилення) щодо запобігання деформації кріплення та унеможливлення встановлення його на «жорстку базу».

В результаті аналізу отриманих даних побудовано залежності зміни ширини та висоти виробки (рис. 6) за результатами натурних спостережень за кріпленням 148 збірного штреку шахти Ювілейна без раннього прогнозування (без стояків кріплення посилення) та за результатами 3D-сканування й раннього прогнозування (зі стояками кріплення посилення), а також залежності зміни перерізу виробки (рис. 7) за результатами натурних спостережень за кріпленням 148 збірного штреку шахти Ювілейна без раннього прогнозування (без стояків кріплення посилення) та за результатами 3D-сканування й раннього прогнозування (зі стояками кріплення посилення).

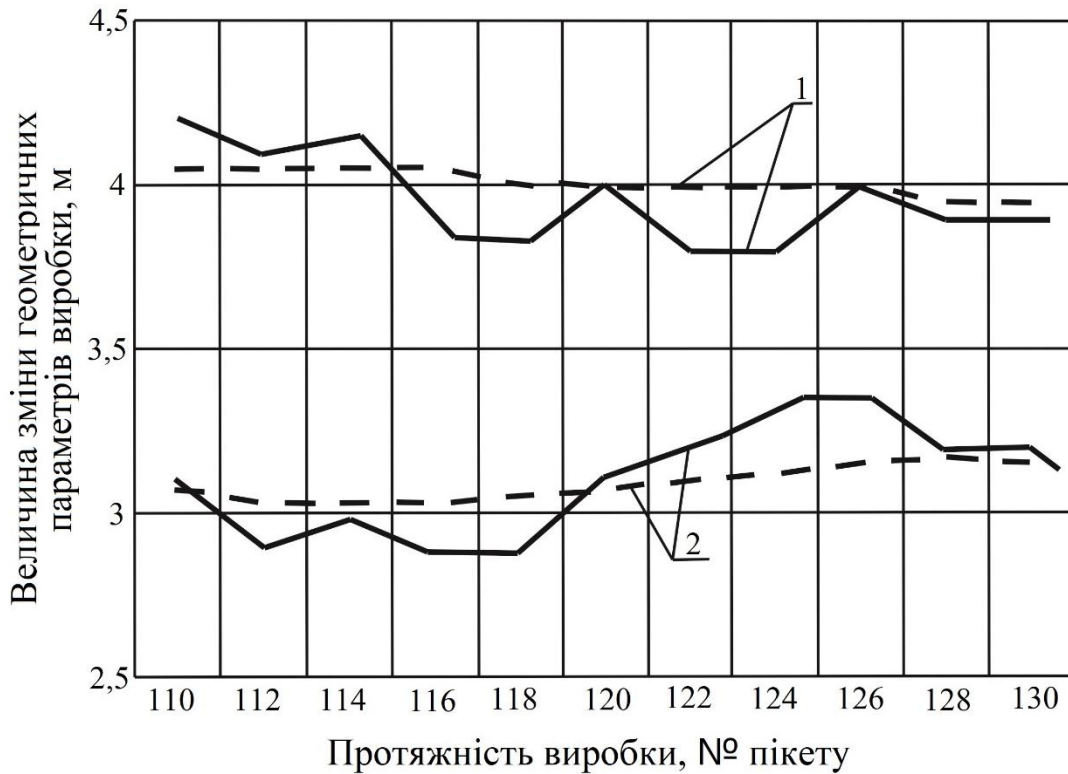


Рис. 6. Залежності зміни ширини (1) та висоти (2) виробки за результатами натурних спостережень за кріпленням 148 збірного штреку шахти Ювілейна:  
 — без раннього прогнозування (без стояків кріплення посилення);  
 - - - - 3D-сканування й раннього прогнозування (зі стояками кріплення посилення)



Рис. 7. Залежності зміни перерізу виробки за результатами натурних спостережень за кріпленням 148 збірного штреку шахти Ювілейна:  
 — без раннього прогнозування (без стояків кріплення посилення);  
 - - - - 3D-сканування й раннього прогнозування (зі стояками кріплення посилення)



За результатами спостережень стану 148 збірного штреку при його повторному використанні (рис. 8) можна виділити наступне. У гірничо-геологічних умовах, що розглядаються, розвиваються значні зміщення контуру виробки за всіма фіксованими напрямками і необхідно мати запас перерізу штреку, щоб зберегти його для повторного використання.



Рис. 8. Стан 148 збірного штреку при його повторному використанні після раннього виявлення зон підвищених деформацій та встановлення дерев'яних стояків кріплення посилення: неробочого (а) та робочого (б) бортів виробки

Критично важливим є обмеження тиску на увесь контур рами, а одним із шляхів вирішення даного завдання є встановлення стояків кріплення посилення. Це дозволить захистити рамне кріплення від надмірного гірського тиску та обмежити негативну дію асиметрії деформування рами для збереження її несучої здатності на максимально можливому рівні. Реалізацію такого напрямку доцільно здійснювати шляхом раннього виявлення зон підвищених деформацій методом 3D-сканування виробок.

**Висновки.** Проаналізовано технології, які дозволяють оперативно реагувати на зміни геомеханічних умов у шахтах. Вони включають дві складові: вибір оптимального методу отримання інформації про стан виробок та моделювання та прогнозування за допомогою штучного інтелекту.

На базі методу 3D-сканування виробок проведено експеримент, спрямований на прогнозування та раннє виявлення зон підвищених деформацій. За результатами встановлено зони підвищених деформацій та прийнято заходи щодо їх посилення. Побудовано залежності зміни ширини, висоти та перерізу виробки. Важливо мінімізувати тиск на весь контур рами, і одним із ефективних способів вирішення цього завдання є встановлення стояків кріплення для її посилення. Це допоможе захистити рамне кріплення від надмірного гірського тиску та зменшити негативний вплив асиметричних деформацій, що дозволить зберегти несучу здатність рами на максимально можливому рівні. Реалізацію такого напрямку доцільно здійснювати шляхом раннього виявлення зон підвищених деформацій методом 3D-сканування виробок.

**Перелік посилань**

1. Global Energy Monitor (n.d.). <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker>
2. Hou, G., Hu, Z., Li, Z., Zhao, Q., Feng, D., Cheng, C., & Zhou, H. (2023). Present situation and prospect of coal mine safety monitoring based on fiber bragg grating and distributed optical fiber sensing technology. *Journal of China Coal Society*, 48(S1), 96–110. <https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2022.0527>
3. Бондаренко, В.І., Ковалевська І.А., Симанович, Г.А., Цівка, Є.С., & Шека, І.В. (2022). Обґрунтування ефективності використання кріплення з вуглепластику для гірничих виробок на шахтах Західного Донбасу. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 68, 30–42. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/68.030>
4. Khorolskyi, A., Kosenko, A., & Chobotko, I. (2024). Application of graphs and network models for designing processes for control of the stress-strain state of a rock mass. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 19(3), 164–171. <https://doi.org/10.59018/022429>
5. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Sheka, I & Sachko, R. (2023). Results of research on the stability of mine workings, fixed by arched supports made of composite materials, in the conditions of the Pokrovske Mine Administration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1149. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1149/1/012026>
6. Шека, І.В., Салєєв, І.А., Шишов, М.В., Малова, О.К., Почепов, В.М., & Мамайкін, О.Р. (2023). Аналіз використання композитних матеріалів для подальшого застосування у кріпленнях гірничих виробок. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 72, 30–42. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/72.062>
7. Шека, І.В., & Цівка, Є.С. (2021). Обґрунтування вуглепластику як інноваційного матеріалу для кріплення гірничих виробок вугільних шахт. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 64, 112–121. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/64.112>
8. Khorolskyi, A., Mamaikin, O., Fomyuchova, L., Pochepov, V., & Lapko, V. (2022). Developing and implementation a new model optimizing the parameters of coal mines under diversification. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 17(16), 1544–1553.
9. Petlovanyi, M. & Sai, K. (2024). Research into cemented paste backfill properties and options for its application: Case study from a Kryvyi Rih Iron-ore Basin, Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*, 18(4), 162–179. <https://doi.org/10.33271/mining18.04.162>
10. Kuzmenko, O., Dychkovskyi, R., Petlovanyi, M., Buketov, V., Howaniec, N., & Smolinski, A. (2023). Mechanism of interaction of backfill mixtures with natural rock fractures within the zone of their intense manifestation while developing steep ore deposits. *Sustainability*, 15(6), 4889. <https://doi.org/10.3390/su15064889>
11. Kosenko, A.V. (2021). Improvement of sub-level caving mining methods during high-grade iron ore mining. *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*, (1), 19–25. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/019>
12. Sun, C. (2009). New progress in ground control monitoring system in Leeville underground mine. In *ROCKENG09: Proceedings of the 3rd CANUS Rock Mechanics Symposium* (pp. 1–13).
13. Patri, A., Rath, S. P. & Jayanthu, S. (2013). Wireless monitoring system for prediction of ground movements in underground mines - A critical review. *Rourkela, Department of Mining Engineering, National Institute of Technology*, 4, 1–6
14. Kukutsch, R., Kajzar, V., Waclawik, P. & Nemcik, J. (2016). Use of 3D laser scanner technology to monitor coal pillar deformation. *Proceedings of the 2016 Coal Operators' Conference. Wollongong, Australia*, 109–117.
15. Grehl, S., Sastuba, M., Donner, M., Ferber, M., Schreiter, F., Mischo, H., & Jung, B. (2015). Towards virtualization of underground mines using mobile robots—from 3D scans to virtual mines. *Proceedings of the 23rd International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection, Johannesburg, South Africa* (Vol. 9).
16. Sdvyzhkova, O., Moldabayev, S., Babets, D., Bascetin, A., Asylkhanova, G., Nurmanova, A., & Prykhodko, V. (2024). Numerical modelling of the pit wall stability while optimizing its

- boundaries to ensure the ore mining completeness. *Mining of Mineral Deposits*, 18(2), 1–10. <https://doi.org/10.33271/mining18.02.001>
17. Chepiga, D., Pakhomov, S., Hnatyuk, V., Hryhorets, M., Liashok, Y., & Podkopaiev, S. (2023). Determining the deformation properties of crushed rock under compressive compression conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(1(124)), 85–95. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284386>.
  18. Chepiga, D., & Tkachuk, O. (2022). Experimental studies of the stability of haulage drifts on pitching seams with different methods of protection. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 38(3–4), 47–53. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.38-3-4.2022.47-53>
  19. Wen, H., Yan, L., Jin, Y., Wang, Z., Guo, J., & Deng, J. (2023). Coalbed methane concentration prediction and early-warning in fully mechanized mining face based on deep learning. *Energy*, 264, 126208. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126208>
  20. Namazi, S., Brankovic, L., Moghtaderi, B., & Zanganeh, J. (2020, January). Comparative study of data mining techniques for predicting explosions in coal mines. *10th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, 738–743. <https://doi.org/10.1109/Confluence47617.2020.9057921>

### ABSTRACT

**Purpose.** The research is aimed at substantiating methods for early detection of increased deformation zones in mine workings for their reuse.

**Methods.** To achieve the purpose set, an integrated approach is used, including analysis of methods for monitoring the condition of mine workings and predicting their deformations, as well as scanning mine workings to identify increased deformation zones using the Trimble RealWorks software.

**Findings.** The technologies that allow to respond promptly to changes in geomechanical conditions in mines are analyzed. Based on the method of 3D scanning of workings, an experiment aimed at predicting and early detection of zones of increased deformation was carried out and dependencies of changes in the width and height of the workings were built based on the results of field observations of the support of the 148th prefabricated drift of the Yubileynaya mine without early prediction and based on the results of 3D scanning and early prediction, as well as the dependence of the change in the cross-section of the working face based on the results of field observations of the support of the 148th prefabricated drift of the Yubileynaya mine without early forecasting and based on the results of 3D scanning and early forecasting. It is critically important to limit the pressure on the entire contour of the frame, and one of the ways to solve this problem is to install reinforcement support risers.

**Originality.** For the first time, an experiment aimed at predicting and early detection of zones of increased deformation was conducted on the basis of the 3D scanning method of workings. The dependencies of changes in the width, height and cross-section of the working face were constructed based on the results of field observations of the support of the 148th prefabricated drift of the Yubileynaya mine without early prediction and based on the results of 3D scanning and early prediction. The data obtained was used to install the support risers, which helped to improve safety.

**Practical implications.** The obtained results prove that the use of predicting methods for early detection of increased deformation zones makes it possible to identify potentially dangerous areas at the stage of preparation and operation of mine workings, which, together with timely measures to strengthen and stabilize structures, will ensure the preservation of infrastructure and reduce the cost of retimbering mine workings.

**Keywords:** rock mass, repeated use, mine working condition, artificial intelligence.